

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-048833

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl. H01M 8/02
H01M 4/86

(21)Application number : 10-229391 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

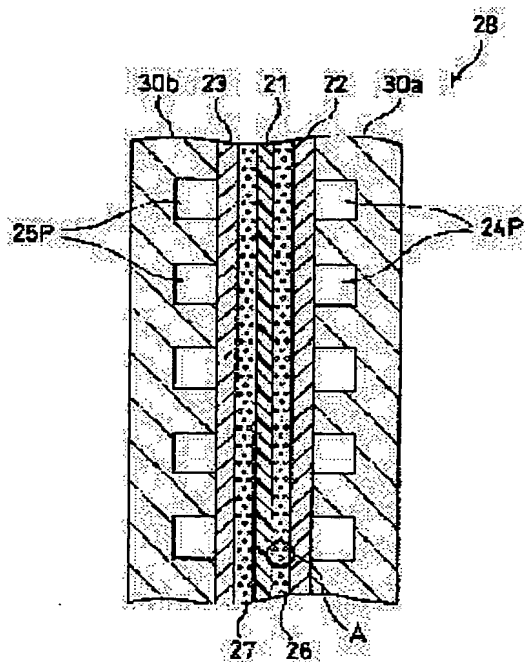
(22)Date of filing : 29.07.1998 (72)Inventor : YOSHIMURA TSUNEJI

(54) FUEL CELL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent contact resistance between components of a fuel cell from increasing.

SOLUTION: Separators 30a, 30b of a unit cell 28 constituting a fuel cell are made of stainless steel, and their surfaces are coated with titanium nitride. An anode 22 and a cathode 23 (gas dispersed layers) are composed of stainless steel meshes, and their surfaces are also coated with titanium nitride. Catalytic particles forming catalyst layers 26, 27 are composed of small titanium oxide particles whose nitrated surfaces carry catalytic metal. When the separators and the gas dispersion layers or the gas dispersion layers and the catalyst layers contact each other, therefore, the same titanium nitrides contact each other. Thereby, the contact resistance among components decreases, and then the internal resistance of the fuel cell can be constrained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-48833
(P2000-48833A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 M 8/02		H 0 1 M 8/02	B 5 H 0 1 8
4/86		4/86	Z 5 H 0 2 6

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-229391

(22) 出願日 平成10年7月29日 (1998.7.29)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 吉村 常治

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100097146

弁理士 下出 隆史 (外2名)

Fターム(参考) 5H018 AA06 AS02 AS03 BB07 EE02

EE11 EE12

5H026 AA06 BB04 CC03 CC08 EE02

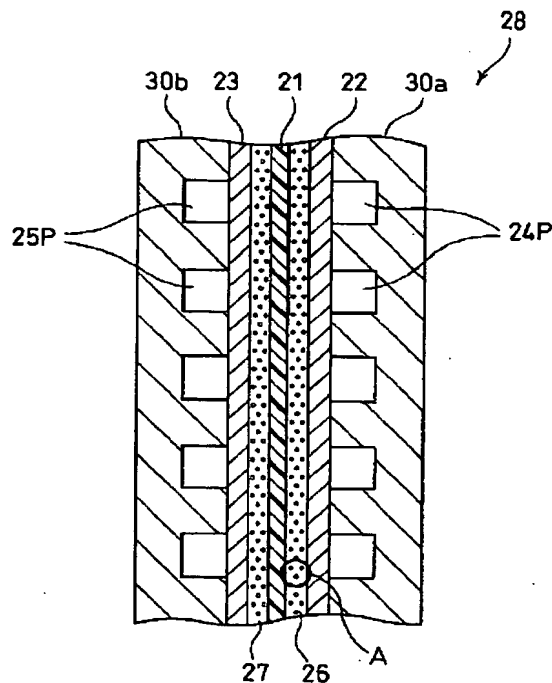
EE11 EE12

(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池を構成する部材間で、接触抵抗が増大してしまうのを防止する。

【解決手段】 燃料電池を構成する単セル28が有するセパレータ30a、30bは、ステンレスによって形成され、その表面は窒化チタンで被覆されている。また、アノード22およびカソード23（ガス拡散層）は、ステンレスのメッシュによって構成され、その表面も窒化チタンで被覆されている。触媒層26、27を形成する触媒粒子は、表面を窒化した酸化チタン微粒子の表面に触媒金属を担持してなる。したがって、セパレータとガス拡散層、および、ガス拡散層と触媒層は、両者が接触する際に、同じ窒化チタン同士が接触するため、部材間の接触抵抗が小さくなり、燃料電池の内部抵抗を抑えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電解質層と、該電解質層の表面に設けられ、表面に触媒を担持する触媒粒子が集合してなる触媒層と、該触媒層に隣接して設けられガス透過性を有するガス拡散層と、前記ガス拡散層に隣接して設けられガス不透過であるガスセパレータと、を少なくとも積層してなる燃料電池であって、前記ガスセパレータと前記ガス拡散層は、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されていることを特徴とする燃料電池。

【請求項 2】 前記ガス拡散層は、少なくとも前記触媒層と接触する部分が、前記触媒粒子の表面を形成する物質と同じ物質である被覆物質によって、予め被覆されていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池。

【請求項 3】 前記ガスセパレータは、金属部材によって形成される請求項 1 または 2 記載の燃料電池。

【請求項 4】 前記被覆物質は、導電性セラミックまたは導電性酸化物である請求項 1 ないし 3 いずれか記載の燃料電池。

【請求項 5】 燃料の供給を受け、該燃料を利用した電気化学反応により起電力を得る燃料電池であって、該燃料電池を構成し導電性を有する複数の構成部材のうち、隣り合う所定の部材は、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されていることを特徴とする燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池に関し、詳しくは、単セルを複数積層してなり、燃料ガスと酸化ガスとの供給を受けて起電力を得る燃料電池に関する。

【0002】

【従来の技術】 燃料電池は、燃料ガスおよび酸化ガスの供給を受けて、電気化学反応によって、燃料ガス中の燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置であり、通常は、単セルを複数積層したスタック構造を有している。このような燃料電池を構成する構成部材のうち、電解質層以外の部材は、従来、主として炭素材料によって形成されてきた。すなわち、燃料電池を構成する部材としては、水素存在下や酸素存在下、および、所定の高温（燃料電池の運転温度）下で十分に安定であり、十分な導電性を有している必要があるため、優れた耐食性と導電性を有する炭素材料を用いて燃料電池が構成されてきた。燃料電池は、上記したように複数の単セルを積層して、これらの単セルを直列に接続してなるため、燃料電池の発電中には、単セルを構成する各部材内を電流が流れることになる。したがって、燃料電池の内部抵抗を抑えて燃料電池の性能を確保するためには、単セルを構成する各部材の導電性が十分に高いことと、隣接する部材間の接触抵抗が十分に低いことが重要となる。燃料電池を構成する各部材を炭素材料によ

て形成する場合には、各部材の導電性は十分に確保され、各部材間の接触抵抗は十分に抑えられる。

【0003】 燃料電池を構成する部材のうち、ガスセパレータは、燃料電池において、隣り合う単セル間に配設されるガス不透過な部材であって、燃料電池内で燃料ガスおよび酸化ガスが混合されてしまうのを防ぐと共に、燃料電池に供給される燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。このようなガスセパレータは、上記したように炭素材料を用いて形成する代わりに、金属によって形成する構成も知られている。金属は、炭素材料と同様に導電性に優れており、例えばステンレスなどの安価な金属を用いれば、炭素材料を用いる場合に比べてさらにコストを抑えることができる。

【0004】 また、ガスセパレータは、上記した燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成するための所定の凹凸構造を、その表面に有することがあるが、金属でガスセパレータを形成する場合には、金属板をプレス成形するという簡便な方法によって、所定の凹凸形状を有するガスセパレータを製造することができ、製造工程を簡素化するとともに製造コストを抑えることができる。さらに、金属製のガスセパレータは、炭素材料からなるガスセパレータよりも強度に優れているため、ガスセパレータをより薄く形成することが可能となる。したがって、ガスセパレータを金属製とすることによって、燃料電池全体をより小型化できるという利点が得られる。このように、ガスセパレータを金属製とする場合には、通常は、ガスセパレータの表面を、さらに、耐食性と導電性に優れた金属で被覆して、ガスセパレータの耐食性を確保する。燃料電池を構成する部材の表面を、耐食性と導電性に優れた金属で被覆する技術は、例えば、特開平 5-182679 などにおいて提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記したようにガスセパレータを金属で形成すると、燃料電池の内部抵抗が増加して、電池性能が低下してしまうという問題を生じる。すなわち、ガスセパレータと、これに隣接する部材とは、これらを形成する物質が互いに異なっているため、互いに異なる物質同士が接触することによって接触抵抗が増大し、燃料電池全体の内部抵抗が大きくなってしまう。

【0006】 燃料電池を構成する際には、ガスセパレータに隣接する部材としては、通常はガス透過性に優れたガス拡散層が設けられる。このガス拡散層は、各単セルに供給された燃料ガスあるいは酸化ガスを、単セル内で十分に拡散させるための構造であり、ガス拡散層で十分に拡散されることによって、ガスは、表面に触媒層を有する電解質層に、効率よく供給されることができる。このようなガス拡散層には、従来、十分な耐食性と導電性、およびガス拡散性を有するカーボンプクロスやカーボンプフェルトなどが用いられてきた。このように、炭素材

料からなるガス拡散層と、金属製のガスセパレータとを隣接させると、異なる材質からなる部材同士が接触することによって、接触抵抗が大きくなってしまいう不都合を生じる。

【0007】本発明の燃料電池は、こうした問題を解決し、異なる材質からなる部材同士が隣接することによって、燃料電池内で接触抵抗が増大してしまうのを防止することを目的としてなされ、次の構成を採った。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の第1の燃料電池は、電解質層と、該電解質層の表面に設けられ、表面に触媒を担持する触媒粒子が集合してなる触媒層と、該触媒層に隣接して設けられガス透過性を有するガス拡散層と、前記ガス拡散層に隣接して設けられガス不透過であるガスセパレータと、を少なくとも積層してなる燃料電池であって、前記ガスセパレータと前記ガス拡散層は、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されていることを要旨とする。

【0009】以上のように構成された本発明の第1の燃料電池によれば、ガスセパレータとガス拡散層とは、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されているため、同一の物質同士が接触することになり、両者が接触する際の接触抵抗が小さくなって、これにより、燃料電池全体の内部抵抗が大きくなってしまいうのを抑えることができる。

【0010】本発明の第1の燃料電池において、前記ガス拡散層は、少なくとも前記触媒層と接触する部分が、前記触媒粒子の表面を形成する物質と同じ物質である被覆物質によって、予め被覆されていることとしてもよい。

【0011】このような構成とすれば、ガス拡散層と触媒層も、これらが接触する部分において、同一の物質同士が接触することになるため、これらが接触する際の接触抵抗が小さくなって、燃料電池の内部抵抗を抑える効果をより大きくすることができる。

【0012】また、本発明の第1の燃料電池において、前記ガスセパレータは、金属部材によって形成されることとしてもよい。このような構成とすれば、ガスセパレータは、金属板をプレス成形するといった簡便な方法によって製造することができ、製造コストを抑えることができる。

【0013】また、本発明の第1の燃料電池において、前記被覆物質は、導電性セラミックまたは導電性酸化物であることとしてもよい。このような構成とすれば、燃料電池内で、ガスセパレータとガス拡散層、あるいは、ガス拡散層と触媒粒子とが接触する際に、十分な導電性を有する導電性セラミックあるいは導電性酸化物同士が*

*接触することになるため、接触抵抗を小さくし、燃料電池の内部抵抗を抑え、燃料電池の性能が低下してしまうのを抑制することができる。なお、導電性セラミックあるいは導電性酸化物は、燃料電池の動作環境において十分に安定な物質である。したがって、導電性セラミックや導電性酸化物によって、前記ガスセパレータ、ガス拡散電極、触媒粒子の表面全体を被覆すれば、これらに対して十分な耐食性を付与することができる。したがって、このような場合には、前記ガスセパレータおよびガス拡散層などの部材を、耐食性が不十分である安価な材料で構成することが可能となり、燃料電池の製造コストを抑えることができる。

【0014】本発明の第2の燃料電池は、燃料の供給を受け、該燃料を利用した電気化学反応により起電力を得る燃料電池であって、該燃料電池を構成し導電性を有する複数の構成部材のうち、隣り合う所定の部材は、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されていることを要旨とする。

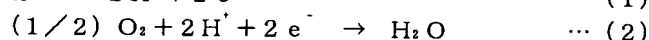
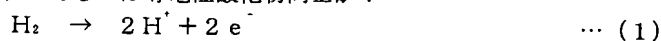
【0015】このような本発明の第2の燃料電池によれば、燃料電池を構成する部材のうち、隣り合う所定の部材は、少なくとも互いに接触する部分が、予め同一の被覆物質で被覆されているため、同一の物質同士が接触することになり、両者が接触する際の接触抵抗が小さくなって、これにより、燃料電池全体の内部抵抗が大きくなってしまいうのを抑えることができる。

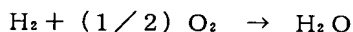
【0016】

【発明の実施の形態】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。本発明の第1実施例の燃料電池は、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。図1は、燃料電池の構成単位である単セル28の構成を例示する断面模式図、図2は、単セル28の構成を表わす分解斜視図、図3は、単セル28を積層したスタック構造14の外観を表わす斜視図である。本発明の燃料電池は、燃料電池を構成する部材のうち、隣り合う所定の部材において、その接触面を同じ物質で被覆したことを特徴としている。以下に、図1ないし図3に基づいて、燃料電池全体の構成について説明する。

【0017】本実施例の燃料電池は、固体高分子型燃料電池である。固体高分子型燃料電池は、湿润状態で良好な導電性を示す固体高分子からなる膜を電解質層として備えている。このような燃料電池は、アノード側に水素を含有する燃料ガスの供給を受け、カソード側に酸素を含有する酸化ガスの供給を受けて、以下に示す電気化学反応を進行する。

【0018】





【0019】(1)式はアノードにおける反応、(2)式はカソードにおける反応を表わし、燃料電池全体では(3)式に示す反応が進行する。燃料電池の構成単位であって、上記した電気化学反応が進行する単セル28は、図1に示すように、電解質膜21と、アノード22およびカソード23と、触媒層26、27と、セパレータ30a、30bとから構成されている。

【0020】アノード22およびカソード23は、電解質膜21を両側から挟んでサンドイッチ構造を成すガス拡散電極である。触媒層26、27は、アノード22およびカソード23と、電解質膜21との間にそれぞれ設けられており、上記電気化学反応を促進する触媒を備えている。セパレータ30a、30bは、上記したサンドイッチ構造をさらに両側から挟みつつ、アノード22およびカソード23との間に、燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。アノード22とセパレータ30aとの間には燃料ガス流路24Pが形成されており、カソード23とセパレータ30bとの間には酸化ガス流路25Pが形成されている。実際に燃料電池を組み立てるときには、上記単セル28を所定の枚数積層してスタック構造14を形成する。

【0021】図1では、各セパレータ30a、30bの片面においてだけガス流路を成すリブが形成されているように表わされているが、実際の燃料電池では、図2に示すように、各セパレータ30a、30bは、その両方の面にそれぞれリブ54およびリブ55を形成している。セパレータ30a、30bのそれぞれの片方の面に形成されたリブ54は隣接するアノード22との間で燃料ガス流路24Pを形成し、セパレータ30a、30bの他方の面に形成されたリブ55は隣接する単セルが備えるカソード23との間で酸化ガス流路25Pを形成する。このように、セパレータ30a、30bは、ガス拡散電極との間でガスの流路を形成すると共に、隣接する単セル間で燃料ガスと酸化ガスとの流れを分離する役割を果たしている。セパレータ30a、30bは、実際に組み立てられる燃料電池では、形態上、あるいは働きの上で区別はなく、以後、セパレータ30と総称する。

【0022】なお、各セパレータの表面に形成されたリブ54、55の形状は、ガス流路を形成してガス拡散電極に対して燃料ガスまたは酸化ガスを供給可能であれば良い。図1および図2では、各セパレータの表面に形成されたリブ54、55は平行に形成された複数の溝状の構造とした。図1では、単セル28の構成を模式的に表わすために、燃料ガス流路24Pと酸化ガス流路25Pとを平行に表わし、図2に示したセパレータ30では、各セパレータ30の両面で、リブ54とリブ55とはそれぞれ直交することとしたが、これらと異なる形状としてもよい。ガス拡散電極との間で、燃料ガスあるいは酸化ガスの流路を形成可能な形状であればよい。

…(3)

【0023】電解質膜21は、固体高分子材料、例えばフッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜であり、湿潤状態で良好な電気伝導性を示す。本実施例では、ナフィオン膜(デュポン社製)を使用した。

【0024】電解質膜21の両面には、触媒層26、27がそれぞれ形成されている。図1に示した触媒層26の一部(丸で囲んでAと示した領域)を拡大した様子を、図4(A)に模式的に示す。図4(A)に示すように、触媒層26、27は触媒粒子が集まって形成されている。この触媒粒子を拡大した様子を、図4(B)に模式的に示す。図4(B)に示すように、触媒粒子は、表面に触媒金属を担持した担体粒子からなっている。触媒層26、27を形成する方法としては、例えば、触媒粒子を適当な有機溶剤に分散させ、電解質溶液(例えば、Aldrich Chemical社、Nafion Solution)を適量添加してペースト化し、電解質膜21上にスクリーン印刷するという方法が挙げられる。あるいは、上記触媒粒子を含有するペーストを膜形成してシートを作製し、このシートを電解質膜21上にプレスする構成も好適である。また、上記触媒粒子を含有するペーストを、ガス拡散電極(アノード22およびカソード23)側に塗布することとしてもよい。

【0025】触媒層26、27を構成する上記触媒粒子は、触媒金属である白金または白金と他の金属からなる合金を、微粒子状に形成された担体粒子上に担持させる。本実施例では、触媒金属を担持させる担体粒子として、酸化チタン(TiO_2)の微粒子を用いた。触媒粒子を形成するには、まず、酸化チタンの微粒子を窒化処理して、上記担体粒子の表面を窒化チタン(TiN)とする。そして、窒化したその表面に、さらに触媒金属を吸着させることによって触媒粒子を形成する。例えば、触媒金属として白金を用いる場合には、表面を窒化した酸化チタン微粒子を蒸留水中に浸漬し、これを攪拌しながら蒸留水中に塩化白金などの白金塩の溶液を滴下して、上記微粒子の表面に白金塩を吸着させる。この微粒子表面に吸着した白金塩を還元することによって、表面に触媒金属を担持した触媒粒子を作製することができる。

【0026】アノード22およびカソード23は、金属繊維からなる金属メッシュにより構成されている。具体的には、アルミニウムによって構成された金属メッシュの表面を、窒化チタンで被覆することによって形成されている。アノード22およびカソード23を構成する金属メッシュは、十分なガス透過性を有しており、燃料電池内において、既述した燃料ガス流路24Pあるいは酸化ガス流路25Pを通過する燃料ガスあるいは酸化ガスは、アノード22あるいはカソード23内を通過することによって拡散されて、触媒層26、27に供給され

る。アノード 22 およびカソード 23 を製造する際に、アルミニウムからなる金属メッシュの表面を窒化チタンで被覆するには、PVD や CVD などの膜形成技術を用いたり、一旦チタンや酸化チタンで被覆した後これをプラズマ処理によって窒化するという方法を用いればよい。

【0027】セパレータ 30 は、図 2 に示した所定の形状の凹凸（リブ 54、55 を形成する凹凸）を有しており、その表面は窒化チタンで被覆されている。セパレータ 30 の断面の様子を表わす説明図を図 5 に示す。図 5 に示すように、セパレータ 30 は、アルミニウムまたは圧延鋼板からなる基板部 32 と、窒化チタンからなる基板部 32 を被覆するコート層 34 とから形成されている。上記所定の凹凸形状を有する基板部 32 は、アルミニウム板または圧延鋼板を張り出し成形したものや曲げ加工品、あるいは、アルミニウム板または圧延鋼板を部分的に打ち抜いて成形するハーフシャ品などによって形成することができる。また、鍛造などによって成形した厚板からの成形品を用いることとしてもよいし、鋳造品を用いることもできる。あるいは、アルミニウムまたは圧延鋼板からなる薄板をプレス成形して、上記基板部 32 の両面に形成される凹凸形状のそれぞれに対応する凹凸形状を有する金属板を 2 枚用意し、これらを貼り合わせることもよい。このようにして形成したアルミニウムまたは圧延鋼板製の基板部 32 の表面を窒化チタンで被覆する際には、既述したガス拡散電極において金属メッシュの表面を窒化チタンで被覆する場合と同様に、PVD や CVD などの膜形成技術やプラズマ処理を用いればよい。

【0028】このようなセパレータ 30 は、その周辺部に、4 つの穴構造を有している。燃料ガス流路 34 P を形成するリブ 54 によって連絡される燃料ガス孔 50、51 と、酸化ガス流路 35 P を形成するリブ 55 によって連絡される酸化ガス孔 52、53 である（図 2 参照）。燃料電池を組み立てたときには、各セパレータ 30 が備える燃料ガス孔 50、51 はそれぞれ、燃料電池内部をその積層方向に貫通する燃料ガス供給マニホールドおよび燃料ガス排出マニホールドを形成する。また、各セパレータ 30 が備える酸化ガス孔 52、53 は、同じく燃料電池内部をその積層方向に貫通する酸化ガス供給マニホールドおよび酸化ガス排出マニホールドをそれぞれ形成する。

【0029】以上説明した各部材を備える燃料電池を組み立てるときには、セパレータ 30、アノード 22、電解質膜 21（表面には触媒層 26、27 を形成している）、カソード 23、セパレータ 30 の順序で順次重ね合わせ、その両端にさらに集電板 36、37、絶縁板 38、39、エンドプレート 40、41 を配置して、図 3 に示すスタック構造 14 を完成する。集電板 36、37 にはそれぞれ出力端子 36A、37A が設けられてお

り、燃料電池で生じた起電力を出力可能となっている。

【0030】エンドプレート 40 は、図 4 に示すように 2 つの穴構造を備えている。一つは燃料ガス孔 42、もう一つは酸化ガス孔 44 である。エンドプレート 40 と隣接する絶縁板 38 および集電板 36 は、エンドプレート 40 が備える 2 つの穴構造と対応する位置に同様の 2 つの穴構造を形成している。この燃料ガス孔 42 は、セパレータ 30 の備える燃料ガス孔 50 の中央部に開口している。なお、燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 42 と図示しない燃料供給装置とが接続され、水素リッチな燃料ガスが燃料電池内部に供給される。同様に、酸化ガス孔 44 は前記セパレータ 30 の備える酸化ガス孔 52 の中央部に対応する位置に形成されている。燃料電池を動作させるときには、この酸化ガス孔 44 と図示しない酸化ガス供給装置とが接続され、酸素を含有する酸化ガスが燃料電池内部に供給される。ここで、燃料ガス供給装置と酸化ガス供給装置は、それぞれのガスに対して所定量の加湿および加圧を行なって燃料電池に供給する装置である。

【0031】また、エンドプレート 41 は、エンドプレート 40 とは異なる位置に 2 つの穴構造を備えている。絶縁板 39、集電板 37 もまたエンドプレート 41 と同様の位置に、それぞれ 2 つの穴構造を形成している。エンドプレート 41 が備える穴構造の一つ燃料ガス孔 43 はセパレータ 30 の備える燃料ガス孔 51 の中央部に対応する位置に開口している。もう一つの穴構造である酸化ガス孔 45 はセパレータ 30 の備える酸化ガス孔 53 の中央部に対応する位置に開口している。燃料電池を動作させるときには、燃料ガス孔 43 には図示しない燃料ガス排出装置が接続され、酸化ガス孔 45 には図示しない酸化ガス排出装置が接続される。

【0032】以上説明した各部材からなるスタック構造 14 は、その積層方向に所定の押圧力がかかった状態で保持され、燃料電池が完成する。スタック構造 14 を押圧する構成については図示は省略した。

【0033】次に、以上のような構成を備えた燃料電池における燃料ガスおよび酸化ガスの流れについて説明する。燃料ガスは、上記した所定の燃料ガス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された燃料ガス孔 42 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で燃料ガスは、燃料ガス孔 50 によって形成される燃料ガス供給マニホールドを介して、各単セル 28 が備える燃料ガス流路 24 P に供給され、各単セル 28 のアノード側で進行する電気化学反応に供される。燃料ガス流路 24 P から排出された燃料ガスは、燃料ガス孔 51 によって形成される燃料ガス排出マニホールドに集合して、エンドプレート 41 の燃料ガス孔 43 に達し、この燃料ガス孔 43 から燃料電池の外部へ排出されて、所定の燃料ガス排出装置に導かれる。

【0034】同様に酸化ガスは、上記した所定の酸化ガ

ス供給装置から、エンドプレート 40 に形成された酸化ガス孔 44 を経て燃料電池内部に導入される。燃料電池内部で酸化ガスは、酸化ガス孔 52 によって形成される酸化ガス供給マニホールドを介して、各単セル 28 が備える酸化ガス流路 25 P に供給され、各単セル 28 のカソード側で進行する電気化学反応に供される。酸化ガス流路 25 P から排出された酸化ガスは、酸化ガス孔 53 によって形成される酸化ガス排出マニホールドに集合して、エンドプレート 41 の酸化ガス孔 45 に達し、この酸化ガス孔 45 から上記所定の酸化ガス排出装置に排出される。

【0035】なお、上記した説明では、燃料電池に供給される燃料ガスおよび酸化ガスの流路およびその流れについてだけ説明したが、実際の燃料電池は、冷却水を通してさせるための流路をさらに備えている。既述したように、燃料電池で進行する電気化学反応では、燃料電池に供給される燃料中の化学エネルギーが電気エネルギーに変換されるが、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換は完全に行なわれるわけではなく、電気エネルギーに変換されなかつた残りのエネルギーは熱として放出される。このように、燃料電池は発電と共に発熱を続けるため、燃料電池の運転温度を望ましい範囲内とするために、通常は燃料電池内に冷却水の流路を設け、燃料電池内に冷却水を通過させることによって余分な熱を取り除いている。

【0036】本実施例のセパレータ 30 は、図 2 に示した燃料ガス孔 50、51 および酸化ガス孔 52、53 の他に、冷却水の流路を形成するための 2 つの孔構造を有しており（図示せず）、セパレータなどを積層してスタック構造 14 を構成する際には、この 2 つの孔構造は、スタック構造 14 の内部を貫通し、後述するスタック内冷却水流路に対して冷却水を給排する冷却水流路を形成する。また、燃料電池を構成するスタック構造 14 では、積層された所定数の単セルごとに、通常のセパレータ 30 の代わりに、冷却水の流路を形成する凹凸構造を表面に形成する冷却水路セパレータを備える（図示せず）。この冷却水路セパレータ上に形成された凹凸構造は、冷却水路セパレータと、これに隣接する部材との間にスタック内冷却水流路を形成する。所定数の単セルごとに配置されたこのスタック内冷却水流路は、上記した孔構造によって形成される冷却水流路から冷却水の給排を受け、これらの冷却水流路を通過する冷却水によって、発電と共に生じた余分な熱を燃料電池内から取り除いている。

【0037】以上のように構成された本実施例の燃料電池によれば、アルミニウムまたは圧延鋼板からなるセパレータ 30 と、アルミニウムからなるガス拡散電極（アノード 22 およびカソード 23）との両方が、窒化チタンによって被覆されている。したがって、セパレータ 30 とガス拡散電極とは、窒化チタンによって十分な耐食性が確保されると共に、両者の間の接触抵抗を小さくす

ることができ、燃料電池全体の内部抵抗が大きくなるのを抑えることができる。また、触媒層 26、27 を構成する触媒粒子も、その表面に窒化チタンの層を有しているため、ガス拡散電極と触媒粒子とが接触する際に、同じ窒化チタン同士が接触することになり、接触抵抗を小さくし、燃料電池全体の内部抵抗が大きくなるのを抑えることができる。これによって、燃料電池の性能を充分に確保することができる。

【0038】また、隣接し合う部材の表面が、それぞれ同じ物質で形成されていることによって、上記したように接触抵抗を低減する効果の他に、耐食性を向上させる効果を得ることができる。既述したように、セパレータをより薄くする（これによって燃料電池全体をより小型化する）ためには、また、セパレータの生産性を向上させるためには、セパレータを金属によって形成することは大変有用であるが、セパレータを金属によって形成し、これに隣接するガス拡散電極を炭素材料によって形成すると、燃料電池の運転中に、セパレータとガス拡散電極との間に電池が形成されてしまい、セパレータの耐食性が損なわれるという不都合を生じる。すなわち、燃料電池で電気化学反応が進行する際には、既述した

(2) 式に示したようにカソード側で水が生じるが、この生成水が凝縮して、イオン化傾向が互いに異なる物質からなるセパレータとガス拡散電極との間に滞留すると、この生成水が電解液として働いて、セパレータとガス拡散電極との間で電池が形成されて、セパレータを構成する金属がイオン化して生成水中に溶けだしてしまう。上記した実施例のように、セパレータとガス拡散電極とを同一の物質で被覆すれば、隣接する部材間で電池が形成されてしまうという不都合が生じることがなく、セパレータの耐食性が損なわれてしまうことがない。

【0039】さらに、上記実施例では、セパレータ 30、ガス拡散電極、および、触媒層 26、27 を形成する触媒粒子の表面を構成する物質として、導電性セラミックである窒化チタンを用いているため、この窒化チタンによって、これらの部材に十分な耐食性が付与されている。したがって、これらの部材に十分な耐食性を与えるために白金や金などの高価な貴金属を用いる必要がなく、製造コストが上昇してしまうことがない。さらに、セパレータ 30 およびガス拡散電極は、十分な耐食性を有する窒化チタンによってその表面が被覆されているため、窒化チタンで被覆されているこれらの部材の基板部は、耐食性が必ずしも充分である必要はなく、上記実施例のようにアルミニウムまたは圧延鋼板などの安価な材料を用いて製造コストを抑えることができる。したがって、耐食性に優れる反面、高価な金属材料（例えばステンレスなど）を、セパレータ 30 およびガス拡散電極の基板部を構成する材料として用いる必要がなくなる。

【0040】ここで、上記実施例では、ガス拡散電極やセパレータ 30 を、アルミニウムまたは圧延鋼板によっ

て形成している。このように、セパレータ 30 およびガス拡散電極を、アルミニウムなどの金属で形成することによって、これらの部材を炭素材料で形成する場合に比べて、製造コストをより低減することができる。このことは、これらの部材を形成する材料として、アルミニウムなどの方が炭素材料（バインダを加えた炭素粉末など）に比べてコストが低いだけでなく、炭素材料を成形して焼成したり、プレス成形する工程に比べて、はるかに簡素な製造工程でステンレス板の成形を行なうことが可能であることによる。また、セパレータ 30 およびガス拡散電極をアルミニウムなどの金属で形成することによって、これらの部材を炭素材料で形成する場合に比べて強度が向上するという効果が得られる。セパレータ 30 およびガス拡散電極の強度が向上することによって、燃料電池の組み立ての際のハンドリング性が向上すると共に、これらを用いて組み立てられた燃料電池全体の強度が向上する。

【0041】また、上記実施例では、セパレータ 30 およびガス拡散電極は、その表面全体を窒化チタンで被覆することとしたが、隣接する部材と接触する領域だけを被覆することとしてもよい。このような構成としても、セパレータ 30 とガス拡散電極、あるいは、ガス拡散電極と触媒層との間で、それぞれが接触する領域では同一の物質同士が接触するため、接触抵抗を小さくし、耐食性が損なわれるのを抑える上記した効果を得ることができる。なお、このように、窒化チタンによる被覆を、隣接する部材間の接触する領域だけに行なう場合には、被覆されるそれぞれの部材は、燃料電池の動作環境で十分な耐食性を有する材質で形成することが望ましい。

【0042】また、上記実施例では、セパレータ 30 とガス拡散電極と触媒粒子のすべてにおいて、その表面を形成する物質として窒化チタンを用い、セパレータ 30 とガス拡散電極との間、および、ガス拡散電極と触媒層との間の両方において、同一の物質である窒化チタン同士が接触する構成としたが、どちらか一方においてだけ、その接触領域で同一の物質同士が接触することとしてもよい。このような場合にも、同一の物質同士が接触することで接触抵抗が低減される所定の効果を得ることができる。

【0043】上記実施例では、セパレータ 30、ガス拡散電極および触媒粒子を被覆する導電性物質として、導電性セラミックである窒化窒化チタンを用いたが、他の導電性セラミック、例えば、窒化クロム (CrN) や窒化ジルコニウム (ZrN) などを用いることとしてもよい。あるいは、導電性セラミックの代わりに、酸化スズ (SnO₂) や酸化タングステン、酸化インジウム、ITO (インジウムとスズの複合酸化物) などの導電性酸化物を用いることとしてもよい。このように、十分な導電性と耐食性を有する物質によって、隣り合う部材のそれぞれを被覆することによって、両者の間の接触抵抗を

低減することができる。ここで、接触抵抗が低減される効果を調べた結果の一例を示す。上記実施例のように、セパレータとガス拡散電極との両方を窒化チタンで被覆した場合には、両者の間の接触抵抗は $0.8 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$ であったが、窒化チタンで被覆したセパレータと炭素材料で形成したガス拡散電極側との間の接触抵抗は、 $8.0 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$ であった。また、セパレータとガス拡散電極との両方を窒化クロムで被覆した場合の両者の間の接触抵抗は、 $0.8 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$ であったが、窒化クロムで被覆したセパレータと炭素材料で形成したガス拡散電極との間の接触抵抗は、 $7.2 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$ であった。

【0044】窒化クロムなどの導電性セラミックを用いてセパレータやガス拡散電極を被覆する場合には、窒化チタンを用いる場合と同様に、スパッタ法などの PVD 法や CVD 法、あるいはプラズマ処理などの膜形成技術を用いればよい。また、導電性酸化物を用いてセパレータやガス拡散電極を被覆する場合には、PVD 法や CVD 法などの他、スプレー塗布やディッピングを行なうこともできる。また、スズやタングステンを含む溶液を、アルミニウムなどで形成されたセパレータやガス拡散電極の基板部に吹き付け、あるいはこのような基板部をスズやタングステンでメッキして、これらを高温で処理して酸化させる方法を採用することもできる。

【0045】このような導電性物質で被覆するセパレータやガス拡散電極の基板部は、既述したようにアルミニウムや圧延鋼板によって形成するほか、ステンレスやニッケル、あるいはスズなどによって形成することとしてもよく、十分な導電性と強度と成形性を有し、上記した導電性の被覆物質で被覆可能であればよい。また、セパレータやガス拡散電極の基板部を、チタンやクロムによって形成する場合には、上記した導電性物質で表面を被覆する代わりに、窒素プラズマ中で窒化処理してその表面を窒化チタンや窒化クロムにすることとしてもよい。なお、ガス拡散電極は、上記実施例のようなメッシュ状以外の構成としてもよく、例えば、ニッケルによってガス拡散電極を形成する場合には発泡ニッケルを用いるなど、十分なガス透過性を有するものであればよい。

【0046】また、触媒層 26、27 が備える触媒粒子を構成する担体粒子としては、上記実施例では表面を窒化処理した酸化チタン粒子を用いたが、ガス拡散電極を、他の導電性セラミックである窒化クロムで被覆する場合には、担体粒子として、表面を窒化処理した酸化クロム粒子を用いればよい。また、ガス拡散電極を、導電性酸化物、例えば酸化スズで被覆する場合には、担体粒子として酸化スズの粒子を用いることとすればよい。あるいは、導電性酸化物でガス拡散電極を被覆する場合には、この導電性酸化物とは異なる金属酸化物からなる微粒子の表面を、上記導電性酸化物によって被覆することとしてもよい。触媒粒子をこのように形成することによって、触媒層 26、27 とガス拡散層とが接触する領域

において、同一の物質同士が接触する構成とすることができる。なお、金属は、通常は、微粒子状に加工すると空气中で容易に燃焼反応を引き起こすため、金属微粒子を担体粒子として用いることは困難であるが、このように酸化物を用いることで、十分な導電性を有する微粒子を得ることができる。

【0047】上記した実施例では、表面を窒化処理した酸化チタン粒子に対し、蒸留水中で白金塩を吸着させ、この吸着させた白金塩を還元させることによって、触媒層 26、27 が備える触媒粒子を形成した。ここで、酸化チタンは、光触媒として作用することができるため、酸化チタンを担体粒子として用いる場合には、以下のようにして担体粒子表面に白金を担持させることとしてもよい。すなわち、上記実施例と同様に表面を窒化した酸化チタン粒子を用意し、この酸化チタン粒子を、白金塩を含有する溶液中に分散させる。この状態で白金塩溶液に光を当てると、酸化チタンの光触媒作用によって、担体粒子表面で白金が還元されて、担体粒子表面に白金を担持させることができる。このような方法は、上記したような光触媒作用を有する酸化物を担体粒子として用いる場合であって、その表面を窒化したときに、この窒化物が十分な導電性を有する場合に適用することができる。例えば、酸化タングステン微粒子や酸化亜鉛微粒子を担体粒子として用いる場合にも、このような方法によって白金を担持させることができる。

【0048】既述した第 1 実施例の燃料電池では、セパレータ 30 はその表面に所定の凹凸形状を有し、この凹凸形状によって、ガス拡散層との間で、燃料ガスまたは酸化ガスの流路を形成している。このようなガス流路を形成するための凹凸形状を有するセパレータの代わりに、凹凸形状を有しないセパレータを用いて燃料電池を構成することとしてもよい。以下に、このような構成の燃料電池を第 2 実施例として説明する。第 2 実施例の燃料電池は、第 1 実施例の燃料電池とほぼ同様の構成となっており、構成単位である単セルを複数積層したスタック構造を有している。図 6 は、第 2 実施例の燃料電池の構成単位である単セル 128 の構成を例示する断面模式図、図 7 は、単セル 128 の構成を表わす分解斜視図である。第 2 実施例の燃料電池において、第 1 実施例の燃料電池と共通する部材には同じ番号を付した。第 2 実施例の燃料電池を構成する単セル 128 は、図 6 に示すように、電解質膜 21 と、アノード 122 およびカソード 123 と、触媒層 26、27 と、セパレータ 130a、130b とから構成されている。

【0049】第 2 実施例のセパレータ 130a、130b は、第 1 実施例のセパレータ 30 とは異なり、その表面に、凹部 154、155 が形成されている（図 7 参照）。この凹部 154、155 は、燃料電池を組み立てたときには、アノード 122、カソード 123 がはまり込んで、このガス拡散電極と共にガス流路を形成する。

各セパレータ 130a、130b では、それぞれの一方の面に凹部 154 が、他方の面に凹部 155 が形成されている。セパレータ 130a、130b の一方の面に形成された凹部 154 は、後述するように、隣接するアノード 122 と共に燃料ガス流路を形成し、セパレータ 130a、130b の他方の面に形成された凹部 155 は、隣接する単セルが備えるカソード 123 と共に酸化ガス流路を形成する。このように、セパレータ 130a、130b は、ガス拡散電極と共に単セル内のガス流路を形成すると共に、隣接する単セル間で燃料ガスと酸化ガスとの流れを分離する役割を果たしている。セパレータ 130a、130b は、実際に組み立てられる燃料電池では、形態上、あるいは働きの上で区別はなく、以後、セパレータ 130 と総称する。

【0050】電解質膜 21 は、第 1 実施例の単セル 28 における電解質膜 21 と同様に、プロトン導電性のイオン交換膜からなり、その両面には、単セル 28 と同様の触媒層 26、27 が形成されている。

【0051】アノード 122 およびカソード 123 は、第 1 実施例のアノード 22 およびカソード 23 と同様に、窒化チタンで被覆されたアルミニウム製の金属メッシュによって形成されている。ここで、アノード 122 は、メッシュの粗さの異なる第 1 層 122a および第 2 層 122b からなり、カソード 123 は、同じくメッシュの粗さの異なる第 1 層 123a および第 2 層 123b からなっている。第 1 層 122a および第 1 層 123a（触媒層 26、27 と隣接する側に配設されている）を構成する金属メッシュは、第 2 層 122b および第 2 層 123b（セパレータ 130 と隣接する側に配設されている）を構成する金属メッシュに比べて、メッシュの粗さがより密に形成されている。

【0052】このような第 2 実施例の燃料電池では、メッシュの粗さが粗でありセパレータ 130 と隣接する側に配設された第 2 層 122b、123b は、第 1 実施例の燃料電池においてリブ 54、55 が形成する流路（燃料ガス流路 24P および酸化ガス流路 25P）に相当する流路を形成する。すなわち、燃料電池内で各単セル 128 に分配されるガスは、メッシュの粗さが粗である第 2 層 122b、123b 内を通過すると共に、メッシュの粗さが密である第 1 層 122a、123a 内で、触媒層 26、27 側に拡散されて、電気化学反応に供される。

【0053】セパレータ 130 は、既述したように、それぞれの面上に凹部 154、155 を形成しており、セパレータ 130 の基板部は、第 1 実施例のセパレータ 30 と同様に成形したアルミニウムまたは圧延鋼板からなり、その表面は、セパレータ 30 と同様に窒化チタンで被覆されている。

【0054】また、セパレータ 130 は、凹部 154 によって連絡される燃料ガス孔 50、51 と、凹部 155

によって連絡される酸化ガス孔 52, 53 とを備えている (図 7 参照)。燃料電池を組み立てたときには、各セパレータ 130 が備える燃料ガス孔 50, 51 はそれぞれ、燃料電池内部をその積層方向に貫通する燃料ガス供給マニホールドおよび燃料ガス排出マニホールドを形成する。また、各セパレータ 130 が備える酸化ガス孔 52, 53 は、同じく燃料電池内部をその積層方向に貫通する酸化ガス供給マニホールドおよび酸化ガス排出マニホールドをそれぞれ形成する。

【0055】以上説明した各部材を備える燃料電池を組み立てるときには、セパレータ 130、アノード 122、電解質膜 21 (表面には触媒層 26, 27 を形成している)、カソード 123、セパレータ 130 の順序で順次重ね合わせ、第 1 実施例と同様のスタック構造を形成する。

【0056】以上のように構成された第 2 実施例の燃料電池によれば、セパレータ 130、ガス拡散電極、触媒層 26, 27 を構成する触媒粒子のそれぞれの表面が、同じ窒化チタンによって形成されているため、第 1 実施例と同様に、窒化チタンによって十分な耐食性が確保されると共に、隣接する部材間の接触抵抗を小さくして、燃料電池の内部抵抗が大きくなるのを抑え、燃料電池の性能を十分に確保することができる。また、第 1 実施例の場合と同様に、隣接する部材同士を同じ材質で被覆することによって耐食性が向上する効果や、セパレータおよびガス拡散電極を金属で形成することによって燃料電池全体の強度を向上させる効果や、各部材に耐食性を付与するために高価な貴金属を用いる必要がなくコストを抑えることができるといった効果を得ることができる。

【0057】さらに、第 2 実施例の燃料電池は、上記したような第 1 実施例と共通する効果に加えて、セパレータの製造コストを抑えることができるという効果を奏する。すなわち、第 2 実施例のセパレータ 130 は、その表面にガス流路を形成するための細かい凹凸構造を有しないため、アルミニウムまたは圧延鋼板を成形する際の製造工程をより簡素化することができる。

【0058】以上説明した実施例では、触媒層を構成する触媒粒子と、ガス拡散層と、ガスセパレータとを同じ物質で被覆し (あるいは、表面物質を互いに同じ物質とし)、隣接する部材間の接触抵抗を抑えることとしたが、他の部材と共に積層されて燃料電池を構成し、燃料電池の発電中には電流が流れる部材であれば、他の部材であっても同様の効果を得ることができる。例えば、所定数の積層された単セルごとに配設され、隣接する部材との間に冷却水の流路を形成する既述した冷却水路セパレータを、隣接する部材 (例えばガスセパレータ) の表面を被覆する物質と同一の物質で被覆することとしてもよい。なお、燃料電池を構成する各部材の形状は、上記した第 1 実施例および第 2 実施例で示したセパレータやガス拡散電極とは異なる形状であってもよく、燃料電池

内で隣接し合う部材のそれぞれにおいて、少なくとも両者が接触する領域の表面を、同一の物質で形成するならば、両者の間の接触抵抗を低減し、燃料電池の内部抵抗を小さくする効果を得ることができる。

【0059】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々なる状態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】単セル 28 の構成を例示する断面模式図である。

【図 2】単セル 28 の構成を表わす分解斜視図である。

【図 3】単セル 28 を積層したスタック構造 14 の外観を表わす斜視図である。

【図 4】触媒層 26 における触媒粒子の様子を模式的に表わす説明図である。

【図 5】セパレータ 30 の断面の様子を表わす説明図である。

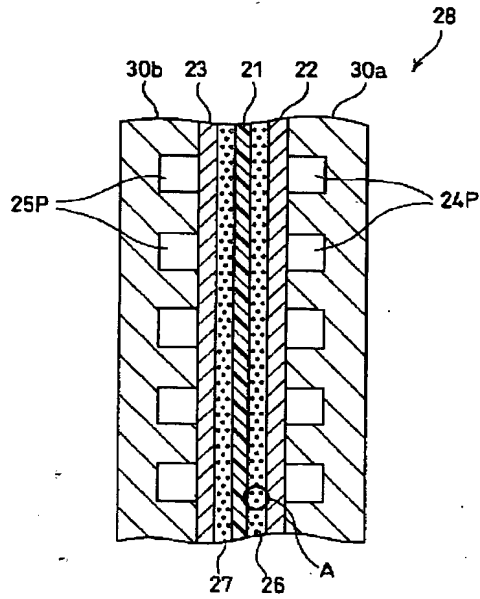
【図 6】単セル 128 の構成を例示する断面模式図である。

【図 7】単セル 128 の構成を表わす分解斜視図である。

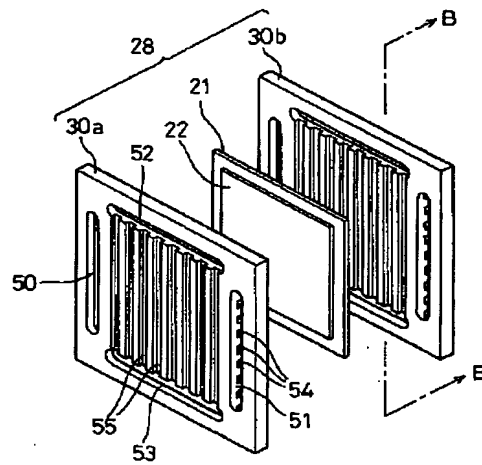
【符号の説明】

14…スタック構造
21…電解質膜
22…アノード
23…カソード
24P…燃料ガス流路
25P…酸化ガス流路
26, 27…触媒層
28, 128…単セル
30, 30a, 30b…セパレータ
32…基板部
34…コート層
34P…燃料ガス流路
35P…酸化ガス流路
36, 37…集電板
36A, 37A…出力端子
38, 39…絶縁板
40, 41…エンドプレート
42, 43, 50, 51…燃料ガス孔
44, 45, 52, 53…酸化ガス孔
54, 55…リブ
122…アノード
122a, 123a…第 1 層
122b, 123b…第 2 層
123…カソード
130, 130a, 130b…セパレータ
154, 155…凹部

【図1】

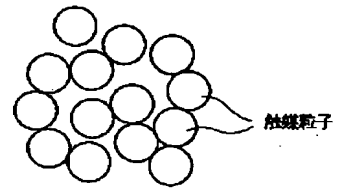


【図2】

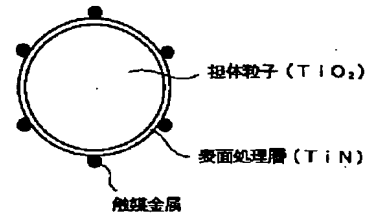


【図4】

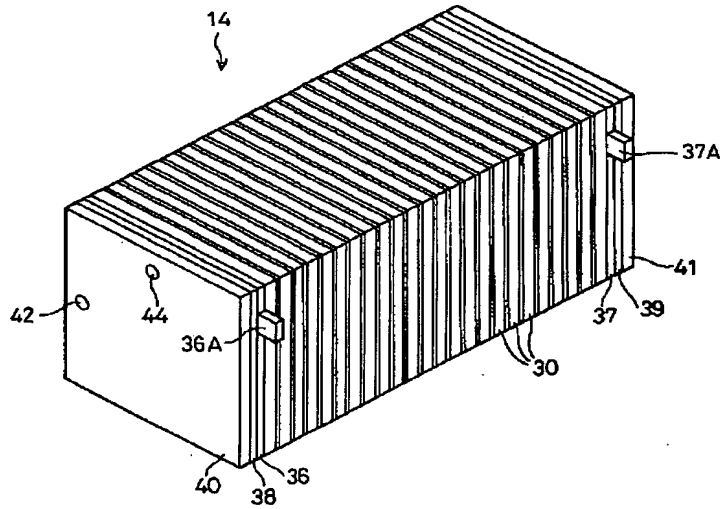
(A)



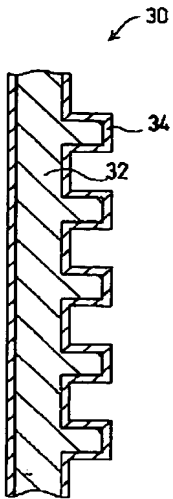
(B)



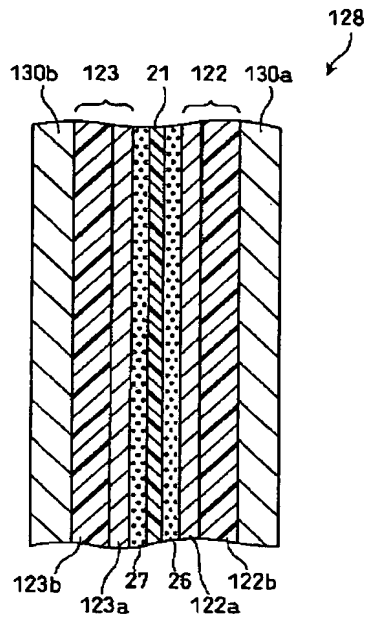
【図3】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

